N° 82-003-X au catalogue
ISSN 1209-1375

Rapports sur la santé

Bisphénol A et comportement des enfants et des jeunes : Enquête canadienne sur les mesures de la santé, 2007 à 2011

par Leanne C. Findlay et Dafna E. Kohen

Date de diffusion : le 19 août 2015

Statistique Canada Statistics Canada

Canada

Comment obtenir d'autres renseignements

Pour toute demande de renseignements au sujet de ce produit ou sur l'ensemble des données et des services de Statistique Canada, visiter notre site Web à www.statcan.gc.ca.

Vous pouvez également communiquer avec nous par :

Courriel à infostats@statcan.gc.ca

Téléphone entre 8 h 30 et 16 h 30 du lundi au vendredi aux numéros sans frais suivants :

- Service de renseignements statistiques 1-800-263-1136
- Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants 1-800-363-7629
- Télécopieur 1-877-287-4369

Programme des services de dépôt

- Service de renseignements 1-800-635-7943
- Télécopieur 1-800-565-7757

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle que les employés observent. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1-800-263-1136. Les normes de service sont aussi publiées sur le site www.statcan.gc.ca sous « Contactez-nous » > « Normes de service à la clientèle ».

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population du Canada, les entreprises, les administrations et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques exactes et actuelles.

Signes conventionnels dans les tableaux

Les signes conventionnels suivants sont employés dans les publications de Statistique Canada :

.	indisponible pour toute période de référence
..	indisponible pour une période de référence précise
...	n'ayant pas lieu de figurer
0	zéro absolu ou valeur arrondie à zéro
0[s]	valeur arrondie à 0 (zéro) là où il y a une distinction importante entre le zéro absolu et la valeur arrondie
[p]	provisoire
[r]	révisé
x	confidentiel en vertu des dispositions de la *Loi sur la statistique*
[E]	à utiliser avec prudence
F	trop peu fiable pour être publié
*	valeur significativement différente de l'estimation pour la catégorie de référence (p<0,05)

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Ministre de l'Industrie, 2015

Tous droits réservés. L'utilisation de la présente publication est assujettie aux modalités de l'entente de licence ouverte de Statistique Canada.

Une version HTML **est aussi disponible.**

This publication is also available in English.

Bisphénol A et comportement des enfants et des jeunes : Enquête canadienne sur les mesures de la santé, 2007 à 2011

par Leanne C. Findlay et Dafna E. Kohen

Résumé

Contexte : Le bisphénol A (BPA) est un produit chimique industriel synthétique couramment utilisé dans les produits de consommation. Les résultats de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) montrent que plus de 90 % des enfants et des jeunes de 6 à 19 ans ont des concentrations de bisphénol A urinaire détectables. Les concentrations de bisphénol A chez les enfants ont été liées à des résultats comportementaux négatifs.

Méthodes : Les données proviennent des deux premiers cycles (2007 à 2009 et 2009 à 2011) de l'ECMS, qui a permis de recueillir des indicateurs de biosurveillance à partir d'échantillons localisés de sang et d'urine. Les résultats comportementaux, c'est-à-dire l'hyperactivité/l'inattention, les symptômes émotionnels, les troubles de la conduite, les problèmes avec les pairs et le comportement prosocial, ont été évalués au moyen du Questionnaire sur les points forts et les points faibles (*Strengths and Difficulties Questionnaire*, en anglais) de Goodman. Une moyenne géométrique de concentration urinaire de bisphénol A a été examinée, dans l'ensemble et selon des corrélats démographiques et socioéconomiques. Six analyses de régression logistique multiple ont été effectuées pour déceler les associations entre les concentrations de bisphénol A chez les enfants et le risque de chaque résultat.

Résultats : Les enfants de 6 à 8 ans avaient des concentrations de bisphénol A plus élevées que les enfants plus âgés et les jeunes. Les concentrations étaient significativement plus élevées chez les enfants et les jeunes exposés à la fumée secondaire de tabac chaque jour ou à peu près et chez ceux des ménages ayant un faible revenu ou un revenu moyen-inférieur. Des concentrations élevées de bisphénol A ont été associées à l'hyperactivité chez les filles et au faible comportement prosocial chez les garçons.

Interprétation: Ces conclusions laissent supposer qu'il existe une association entre la concentration urinaire de bisphénol A et les résultats comportementaux chez les enfants.

Mots-clés : Biosurveillance, détection, exposition à l'environnement, hyperactivité, comportement prosocial, fumée de tabac.

Le bisphénol A (BPA) est un produit chimique industriel synthétique couramment utilisé dans les produits de consommation, comme les bouteilles réutilisables, les jouets et la vaisselle en plastique, les résines époxydes qui tapissent l'intérieur des contenants d'aliments en métal, ainsi que les composites et les scellants dentaires[1]. Les données de biosurveillance tirées de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) montrent une exposition généralisée chez les enfants et les jeunes, 93 % des 6 à 11 ans et 94 % des 12 à 19 ans ayant des niveaux détectables de bisphénol A urinaire[2]. Même si les preuves ne sont pas concluantes[3,4], des niveaux même faibles d'exposition au bisphénol A peuvent être associés à des résultats négatifs pour la santé chez les enfants, y compris des problèmes de comportement[4].

Un certain nombre de facteurs de risque démographiques et socioéconomiques ont été liés aux concentrations urinaires de bisphénol A. En général, les hommes (comparativement aux femmes)[5] et les personnes des ménages à faible revenu (comparativement à celles des ménages à revenu élevé)[6,7] affichent des concentrations plus fortes. Arbuckle et coll.[8] ont signalé des concentrations urinaires de bisphénol A significativement plus élevées chez les femmes enceintes à faible revenu et à faible niveau de scolarité que chez les autres, ainsi que chez les mères indiquant avoir fumé pendant leur grossesse. Toutefois, d'autres recherches n'ont pas détecté d'association entre le niveau de scolarité et les concentrations urinaires de bisphénol A[6,9]. On a noté que les personnes d'origine mexicaine-américaine et de race blanche non hispaniques avaient des concentrations urinaires de bisphénol A plus faibles que les personnes de race noire non hispaniques[5]. L'obésité a été liée aux niveaux de bisphénol A[7,10,11], en particulier chez les garçons de race blanche non hispaniques (associations non significatives chez les garçons d'origine hispanique et chez les filles d'une ethnicité comme de l'autre).

La recherche a démontré des liens entre l'exposition prénatale au bisphénol A et les résultats comportementaux[12]. Toutefois, le sexe de l'enfant est peut-être un facteur modérateur des associations entre l'exposition intra-utérine au bisphénol A et les difficultés comportementales[9,13-15].

Les concentrations (environnementales) de bisphénol A chez les enfants ont également été liées au comportement, y compris à l'anxiété, la dépression, l'hyperactivité et l'inattention[9]. Des niveaux même peu élevés peuvent porter à conséquence, comme le montrent les associations non linéaires entre le bisphénol A et les problèmes d'extériorisation[4]. L'exposition aux composites dans les matériaux dentaires (dont le bisphénol A est une composante commune) a aussi été associée à des résultats psychosociaux chez les enfants de 6 à 10 ans, y compris aux symptômes émotionnels plus prononcés et à l'ensemble des problèmes comportementaux[16]. Masercejian et coll.[16] ont avancé que le bisphénol A peut être libéré par suite de la dégradation des composites dentaires au fil du temps, ce qui donne lieu à une exposition à long terme, mais des données plus récentes portent à croire que cette dégradation est minime et bien inférieure aux niveaux quotidiens recommandés[17].

Les associations entre l'exposition au bisphénol A chez l'enfant et le comportement peuvent varier selon le sexe. Harley et coll.[9] ont déclaré que l'exposition des enfants au bisphénol A est liée au comportement d'extériorisation déclaré par la mère (par

Auteures : Leanne C. Findlay (leanne.findlay@statcan.gc.ca) et Dafna E. Kohen (dafna.kohen@statcan.gc.ca) travaillent à la Division de l'analyse de la santé de Statistique Canada, Ottawa (Ontario).

exemple les troubles de la conduite) chez les filles uniquement, tandis que d'après les résultats déclarés par les enseignants, il n'y a aucune corrélation avec le sexe. D'autres études ont trouvé que le sexe de l'enfant n'était pas un facteur modérateur des associations significatives entre les concentrations de bisphénol A et les problèmes comportementaux[4,18], bien que la petite taille des échantillons peut avoir empêché de déceler des corrélations importantes[18].

Étant donné que la recherche sur le rapport entre l'exposition au bisphénol A et le comportement de l'enfant n'en est qu'à ses débuts, il est nécessaire de faire porter celle-ci sur des ensembles de données et des populations variés[14,19]. La présente étude se fonde sur les données de l'ECMS pour explorer les associations entre les concentrations urinaires de bisphénol A et les résultats comportementaux chez les enfants de 6 à 11 ans et les jeunes de 12 à 17 ans, y compris les différences selon le sexe.

Méthodes

Source des données

Les données sont tirées des deux premiers cycles de l'ECMS (2007 à 2009 et 2009 à 2011), une enquête sur la santé fondée sur des mesures directes, qui visent les membres des ménages de 6 à 79 ans. L'enquête est menée par Statistique Canada, en collaboration avec l'Agence de la santé publique du Canada et Santé Canada, dans le but d'obtenir des estimations représentatives de la population nationale. L'approbation déontologique pour l'enquête a été obtenue du Comité d'éthique de la recherche de Santé Canada[20].

L'ECMS comporte une interview sur place ayant pour objet de recueillir des données sociodémographiques et des données sur la santé et sur le mode de vie, ainsi qu'une visite subséquente à un centre d'examen mobile où des mesures physiques directes sont prises, y compris le prélèvement d'échantillons localisés de sang et d'urine. De mars 2007 à la fin de février 2009, dans le cadre du cycle 1, on a recueilli des données auprès de 5 604 participants à l'enquête âgés de 6 à 79 ans qui vivaient dans les logements privés dans 15 emplacements au Canada. D'août 2009 à la fin de novembre 2011, dans le cadre du cycle 2, on a recueilli des données pour 6 395 participants à l'enquête âgés de 3 à 79 ans qui vivaient dans les logements privés dans 18 emplacements. Étaient exclus les habitants des territoires, des réserves indiennes et d'autres établissements autochtones des provinces, les membres à temps plein des Forces canadiennes, les résidents d'établissements et les habitants de certaines régions éloignées. On peut trouver des détails concernant la base d'échantillonnage et la collecte des données ailleurs[21].

Pour l'étude, on a groupé les données provenant des cycles 1 et 2, ce qui a permis d'obtenir un échantillon plus grand et, par conséquent, d'accroître la précision des estimations. Les taux de réponse combinés (aux niveaux du ménage, de la personne et des mesures directes) ont été de 51,7 % au cycle 1 et de 55,5 % au cycle 2. La présente analyse porte sur un échantillon de 2 802 participants à l'enquête qui étaient âgés de 6 à 17 ans au moment de l'interview (cycle 1 ou 2), pondéré pour représenter environ 4,7 millions d'enfants et de jeunes. Au total, 2 730 participants à l'enquête ont fourni un échantillon localisé d'urine prélevé en milieu de jet; des niveaux de bisphénol A ont été détectés pour 2 554 d'entre eux.

Biomarqueurs

Les échantillons de sang et d'urine ont été prélevés selon des méthodes normalisées[22]. Lorsque les concentrations urinaires de bisphénol A étaient inférieures à la limite de détection (LDD = 0,2µg/L), on leur imputait une concentration égale à la moitié de la limite détectable (LDD/2 = 0,1)[23]. Étant donné que la demi-vie du bisphénol A est relativement courte[24] et que les échantillons localisés d'urine ne représentent qu'une approximation de la valeur quotidienne d'exposition[25], le moment de la journée de la collecte d'urine constituait une variable de contrôle dans la présente étude. Afin de compenser la dilution des urines, la concentration de créatinine urinaire a été mesurée et incluse comme covariable dans les analyses. Les analyses ont également été corrigées des niveaux de plomb dans le sang, qui sont associés aux résultats pour la santé chez les enfants[26] (tous les participants à l'enquête avaient une concentration de plomb dans le sang supérieure à la limite de détection).

Résultats comportementaux

On a évalué les résultats comportementaux au moyen du Questionnaire sur les points forts et les points faibles (*Strengths and Difficulties Questionnaire*, en anglais) de Goodman[27], une mesure uniformisée et validée des difficultés d'intériorisation et d'extériorisation chez les enfants, lesquelles ont été associées à la santé mentale chez l'adulte[28,29]. Pour tous les enfants et les jeunes, les parents ont évalué 25 caractéristiques comportementales sur une échelle à trois points : 0 (pas vrai), 1 (un peu vrai), ou 2 (certainement vrai). Les valeurs ont été additionnées de manière à obtenir un score pour chaque sous-échelle du questionnaire (qui en compte cinq, chacune comportant cinq questions) : hyperactivité/inattention (par exemple, « agité, ne tient pas en place », α de Cronbach = 0,79); symptômes émotionnels (par exemple, « paraît souvent soucieux », α = 0,66); troubles de la conduite (par exemple, « se bagarre souvent avec les autres enfants/jeunes ou les tyrannise », α = 0,62); problèmes avec les pairs (par exemple, « a tendance à jouer seul », α = 0,59); et comportement prosocial (par exemple, « est attentif aux autres, tient compte de ce qu'ils ressentent », α = 0,64). Les scores de cohérence interne étaient similaires aux scores fondés sur les déclarations des parents obtenus par Goodman[28]. On a calculé un score pour la catégorie « ensemble des problèmes comportementaux » en additionnant les scores pour quatre des sous-échelles (le comportement prosocial non compris). On a d'abord examiné les cas de niveaux élevés (à risque) de problèmes comportementaux en fonction de seuils établis par l'auteur de l'échelle[28], ainsi que de

normes propres au sexe[30]. En raison de la petite taille des échantillons pour le faible comportement prosocial, on a également établi des valeurs propres au sexe sur la base du 90e centile à partir des données de l'ECMS, créant ainsi des valeurs seuils propres à l'échantillon/aux Canadiens (tableau 1). Ces seuils étaient similaires (à une unité près pour chaque sous-échelle) mais non identiques à ceux établis par Goodman[28], et sont utilisés dans la présente étude pour repérer les groupes qui sont à risque de problèmes comportementaux (troubles de la conduite : garçons ≥ 3, filles ≥ 3; symptômes émotionnels : garçons ≥ 4, filles ≥ 5; hyperactivité : garçons ≥ 7, filles ≥ 6; comportement prosocial : garçons ≤ 7, filles ≤ 8; problèmes avec les pairs : garçons ≥ 4, filles ≥ 2; ensemble des problèmes comportementaux : garçons ≥ 15, filles ≥ 13).

Covariables

On a examiné plusieurs caractéristiques démographiques et socioéconomiques en tant que covariables, à la lumière de travaux de recherche sur l'exposition aux neurotoxines et les résultats chez l'enfant[5,6,31], ainsi que des associations connues entre ces corrélats et les problèmes comportementaux des enfants[32]. Les parents des enfants de 6 à 11 ans et des jeunes de 12 à 17 ans ont indiqué l'âge qu'avait l'enfant au moment de l'interview (6 à 8 ans, 9 à 11 ans, 12 à 14 ans et 15 à 17 ans), le sexe et l'ethnicité. Étant donné le nombre relativement faible d'unités dans les groupes de race non blanche, toutes les autres ethnicités ont été combinées en une seule catégorie (non-Blanc).

Un indicateur de l'exposition à la fumée secondaire de tabac a été créé en combinant les réponses aux deux questions, à savoir si une personne fumait à la maison, et(ou) si l'enfant était exposé à la fumée secondaire hors du foyer chaque jour ou à peu près, comparativement à une fois par semaine ou moins.

Le revenu du ménage a été déclaré en dollars (les valeurs manquantes ont été imputées[33]) et classé en fonction de trois groupes — inférieur et moyen-inférieur, moyen-supérieur, et supérieur — selon le revenu total du ménage et le nombre de personnes dans le ménage. Faisaient partie de la catégorie inférieure de revenu les ménages composés de une ou deux personnes et ayant un revenu annuel total inférieur à 30 000 $; les ménages comptant trois ou quatre personnes ayant un revenu total inférieur à 40 000 $; et les ménages composés de cinq personnes ou plus et ayant un revenu total inférieur à 60 000 $. La catégorie supérieure de revenu englobait les ménages comptant une ou deux personnes et dont le revenu annuel total était de 60 000 $ ou plus, ainsi que les ménages de trois personnes ou plus et dont le revenu annuel total était de 80 000 $ ou plus.

Le niveau le plus élevé de scolarité dans le ménage a été dichotomisé : diplôme d'études secondaires ou moins, comparativement à études postsecondaires au moins partielles. La taille et le poids mesurés par l'intervieweur ont servi à calculer l'indice de masse corporelle (IMC), qui a été réparti selon trois catégories : ni embonpoint, ni obésité, embonpoint, et obésité[33]. Dans le cas des enfants de 11 ans et moins, le parent ou le tuteur a indiqué le poids de l'enfant à la naissance, l'âge de la mère lorsque l'enfant est né et si la mère avait fumé au cours de la grossesse.

Tableau 1
Certaines caractéristiques de l'échantillon, population à domicile de 6 à 17 ans, Canada, 2007-2009 et 2009-2011 (données combinées)

Caractéristiques	% pondéré	Intervalle de confiance de 95 % de	à
Groupe d'âge			
6 à 8 ans	21,6	19,4	23,9
9 à 11 ans	24,7	22,5	27,2
12 à 14 ans	24,9	22,5	27,5
15 à 17 ans	28,8	26,5	31,2
Sexe			
Hommes	52,4	51,3	53,5
Femmes	47,6	46,5	48,7
Ethnicité			
Blanc	75,1	64,0	83,7
Non-Blanc	24,9	16,3	36,0
Exposition à la fumée secondaire			
Une fois par semaine ou moins	79,9	75,9	83,3
Chaque jour ou à peu près	20,1	16,7	24,1
Revenu du ménage			
Faible / moyen-inférieur	23,0	19,7	26,8
Moyen-supérieur	26,7	22,8	31,1
Supérieur	50,3	44,9	55,6
Niveau de scolarité du ménage			
Diplôme d'études secondaires ou moins	13,8	10,9	17,3
Études postsecondaires au moins partielles	86,2	82,7	89,1
Indice de masse corporelle			
Ni embonpoint, ni obésité	73,3	69,5	76,9
Embonpoint	13,9	11,4	16,8
Obésité	12,8	10,9	14,9
Résultats comportementaux			
Ensemble des problèmes comportementaux	11,4	9,2	14,0
Troubles de la conduite	12,8	11,1	14,7
Émotion/anxiété	14,3	12,1	16,9
Hyperactivité	12,6	10,2	15,5
Faible comportement prosocial	15,6	13,4	18,2
Problèmes avec les pairs	15,4	13,4	17,6

Source : Enquête canadienne sur les mesures de la santé, 2007-2009 et 2009-2011 (données combinées).

Analyse

La moyenne géométrique de la concentration urinaire de bisphénol A a été examinée dans l'ensemble et selon les corrélats démographiques ou socioéconomiques. Afin d'estimer les moyennes géométriques par les moindres carrés ajustées des concentrations de bisphénol A, on a exécuté des régressions distinctes pour l'ethnicité, le revenu du ménage, l'exposition à la fumée secondaire, le niveau de scolarité du ménage et l'IMC, en tenant compte des effets de l'âge de l'enfant, du sexe de l'enfant, de l'heure du prélèvement d'urine et de la créatinine urinaire.

Des corrélations de Spearman ont été examinées pour repérer des associations possibles entre le bisphénol A et le risque de problèmes comportementaux chez les enfants.

Six analyses de régression logistique multiple ont été effectuées pour explorer les associations entre la concentration de bisphénol A et le risque de chaque résultat (troubles de la conduite, émotion/anxiété, hyperactivité/inattention, problèmes avec les pairs, faible comportement prosocial et ensemble des problèmes comportementaux). À la première étape, des modèles préliminaires ont servi à examiner les associations entre les concentrations urinaires de bisphénol A et les résultats comportementaux chez l'enfant, en tenant compte de l'effet du plomb dans le sang, de la créatinine urinaire et du moment de la journée de la collecte d'urine (résultats disponibles sur demande).

Dans un deuxième ensemble de modèles, les covariables sociodémographiques ont été ajoutées en tant que variables de contrôle. Étant donné que la distribution des concentrations de plomb et de bisphénol A n'étaient pas normales, des transformations logarithmiques (base 2) ont été appliquées[18,34]. Des résultats significatifs montrent la différence de cote exprimant le risque de résultats comportementaux associée à une concentration urinaire de bisphénol A deux fois plus élevée. La créatinine urinaire a été incluse comme covariable (plutôt que d'ajuster le bisphénol A expressément pour la créatinine), afin de tenir compte de l'éventualité de différences d'excrétion de créatinine liées à l'âge, à la race et au sexe[35,36]. Le moment de la collecte de l'échantillon d'urine (matin, après-midi ou soir) a aussi été inclus pour tenir compte des fluctuations des niveaux de bisphénol A pendant la journée[2]. Un ensemble final de modèles de régression a été ajusté pour les garçons et les filles séparément.

Les ouvrages publiés portent à croire qu'il existe peut-être des associations non linéaires entre la concentration de bisphénol A chez l'enfant et les résultats comportementaux[4]. Par conséquent, on a examiné des quartiles d'exposition (en fonction des 25e, 50e et 75e centiles) dans des modèles subséquents. Les résultats étaient conformes à ceux des modèles linéaires et, par conséquent, ne sont pas présentés.

Des poids d'enquête et des degrés de liberté convenables ont été appliqués pour tenir compte de l'effet du plan de sondage complexe. Des poids *bootstrap* ont été appliqués au moyen de SUDAAN, v. 11.0, afin de compenser la sous-estimation des erreurs types[37].

Tableau 2
Moyennes géométriques des concentrations urinaires de bisphénol A, selon certaines caractéristiques, population à domicile de 6 à 17 ans, Canada, 2007-2009 et 2009-2011 (données combinées)

Caractéristiques	Moyenne géométrique (µg/L)	Intervalle de confiance de 95 % de	à
Total[‡]	**1,3**	**1,1**	**1,4**
Groupe d'âge[‡]			
6 à 8 ans[†]	1,8	1,6	2,1
9 à 11 ans	1,4*	1,2	1,7
12 à 14 ans	1,2***	1,0	1,4
15 à 17 ans	0,9***	0,8	1,1
Sexe[‡]			
Hommes[†]	1,2	1,1	1,4
Femmes	1,3	1,2	1,5
Moment de la collecte d'urine[‡]			
Matin[†]	1,1	1,0	1,3
Après-midi	1,5***	1,3	1,7
Soir	1,4	1,0	1,7
Ethnicité[§]			
Blanc[†]	1,3	1,2	1,5
Non-Blanc	1,3	1,0	1,6
Exposition à la fumée secondaire[§]			
Une fois par semaine ou moins[†]	1,2	1,1	1,4
Chaque jour ou à peu près	1,6**	1,4	2,0
Revenu du ménage[§]			
Faible / moyen-inférieur	1,7***	1,4	2,0
Moyen-supérieur	1,2	1,0	1,4
Supérieur[†]	1,2	1,1	1,4
Niveau de scolarité du ménage[§]			
Diplôme d'études secondaires ou moins	1,3	1,0	1,6
Études postsecondaires au moins partielles[†]	1,3	1,1	1,5
Indice de masse corporelle[§]			
Ni embonpoint, ni obésité[†]	1,3	1,2	1,5
Embonpoint	1,3	1,0	1,7
Obésité	1,2	1,0	1,4

* valeur significativement différente de celle observée pour le groupe de référence ($p < 0,05$)
** valeur significativement différente de celle observée pour le groupe de référence ($p < 0,01$)
*** valeur significativement différente de celle observée pour le groupe de référence ($p < 0,001$)
† groupe de référence
‡ mesure géométrique ajustée pour tenir compte de la créatinine
§ moyenne géométrique par les moindres carrés ajustée pour tenir compte de l'âge, du sexe, de la créatinine et du moment de la collecte d'urine
Source : Enquête canadienne sur les mesures de la santé, 2007-2009 et 20092011 (données combinées).

Tableau 3
Rapports de cotes corrigés reliant la concentration de bisphénol A et les résultats comportementaux, selon le sexe, population à domicile de 6 à 17 ans, Canada, 2007-2009 et 2009-2011 (données combinées)

	Total			Hommes			Femmes		
		Intervalle de confiance de 95 %			Intervalle de confiance de 95 %			Intervalle de confiance de 95 %	
Résultats comportementaux	Rapport de cotes corrigé	de	à	Rapport de cotes corrigé	de	à	Rapport de cotes corrigé	de	à
Ensemble des problèmes comportementaux	1,07	0,93	1,24	1,00	0,79	1,26	1,18	0,94	1,48
Troubles de la conduite	1,09	0,93	1,28	1,14	0,93	1,40	1,02	0,83	1,25
Émotion/anxiété	1,02	0,85	1,23	0,98	0,79	1,23	1,05	0,83	1,33
Hyperactivité	1,12†	0,99	1,25	1,04	0,91	1,19	1,28*	1,07	1,54
Faible comportement prosocial	1,11*	1,00	1,23	1,24*	1,06	1,45	0,98	0,85	1,12
Problèmes avec les pairs	0,97	0,89	1,05	0,81	0,59	1,11	1,02	0,90	1,15

† $p = 0,06$
* $p \leq 0,05$
Nota : Le modèle est corrigé de l'âge, de l'ethnicité (Blanc, non-Blanc), de l'exposition à la fumée secondaire de tabac, du revenu du ménage, du niveau de scolarité du ménage, de l'IMC, du plomb dans le sang et de la créatinine urinaire, et du moment de la collecte de l'échantillon d'urine. Des résultats significatifs indiquent une différence de cote exprimant le risque de résultat comportemental associée au doublement de la concentration urinaire de bisphénol A.
Source : Enquête canadienne sur les mesures de la santé, 2007-2009 et 2009-2011 (données combinées).

Résultats

Des caractéristiques descriptives de l'échantillon sont présentées au tableau 1. L'échantillon était constitué d'un nombre presque égal de garçons et de filles. Environ la moitié de ses membres appartenaient à un ménage de la catégorie supérieure de revenu. La race blanche était prédominante (75 %). Dans la plupart des ménages, au moins un membre avait fait des études post-secondaires au moins partielles (86 %). Environ le quart des membres faisaient de l'embonpoint ou étaient obèses. Un sur cinq (20 %) était exposé à la fumée à la maison ou hors du foyer chaque jour ou à peu près. À partir de seuils axés sur les données, les proportions d'enfants et de jeunes qui présentaient un risque à l'égard des résultats examinés étaient les suivantes : troubles de la conduite, 13 %; émotion/anxiété, 14 %; hyperactivité, 13 %; faible comportement prosocial, 16 %, et problèmes avec les pairs, 15 %. Dans l'ensemble, 11 % ont obtenu un score supérieur au seuil pour l'ensemble des problèmes comportementaux.

La concentration urinaire moyenne de bisphénol A était de 1,3 µg/L, les valeurs allant de 0,10 µg/L à 420 µg/L. Lorsque l'effet de la créatinine a été pris en compte, les 6 à 8 ans avaient des concentrations de bisphénol A plus élevées que leurs homologues plus âgés (tableau 2). Après prise en compte de l'âge, du sexe, de la créatinine et du moment de la journée de la collecte d'urine, les concentrations de bisphénol A étaient significativement plus élevées chez les enfants et les jeunes qui étaient exposés à la fumée secondaire chaque jour ou à peu près. Par ailleurs, les enfants et les jeunes provenant des ménages ayant un faible revenu et un revenu moyen-inférieur avaient des concentrations de bisphénol A significativement plus élevées que ceux des ménages appartenant à la catégorie supérieure de revenu. Cela étant dit, les concentrations de bisphénol A ne variaient pas selon le sexe, l'ethnicité, le niveau de scolarité du ménage ou l'IMC.

Des analyses de corrélation ont indiqué une association faible, quoique statistiquement significative, entre la concentration de bisphénol A et la plupart des résultats comportementaux : ensemble des problèmes comportementaux ($r = 0,07$, $p \leq 0,001$); troubles de la conduite ($r = 0,09$, $p \leq 0,001$); émotion/anxiété ($r = 0,05$, $p = 0,02$); hyperactivité ($r = 0,05$, $p \leq 0,01$); et faible comportement prosocial ($r = 0,04$, $p = 0,03$). Dans un modèle préliminaire corrigé des effets de la créatinine urinaire, du moment de la collecte de l'échantillon d'urine et du plomb dans le sang, les concentrations élevées de bisphénol A étaient associées à des cotes élevées exprimant le risque d'hyperactivité et le risque de faible comportement prosocial. Les analyses corrigées de l'âge continu (années), du sexe, de l'ethnicité, de l'exposition à la fumée secondaire, des revenu et niveau de scolarité du ménage, de l'IMC, du moment de la journée, de la créatinine urinaire et du plomb dans le sang ont révélé une association entre la concentration de bisphénol A et le faible comportement prosocial (tableau 3), ainsi qu'une association tout juste significative ($p = 0,06$) avec l'hyperactivité.

D'autres analyses ont fait ressortir une interaction significative entre le sexe et le bisphénol A dans le cas du comportement prosocial ($p \leq 0,05$) et une tendance à l'hyperactivité ($p = 0,10$). Des analyses distinctes pour les garçons et les filles du comportement prosocial et de l'hyperactivité ont trouvé une association significative entre la concentration de bisphénol A et une cote exprimant le risque d'hyperactivité plus élevée chez les filles, mais non chez les garçons, ainsi qu'une cote exprimant le risque de faible comportement prosocial plus élevée chez les garçons, mais non chez les filles (tableau 3). Avec chaque doublement de la concentration urinaire de bisphénol A, les filles affichaient une cote exprimant le risque d'hyperactivité 28 % plus élevée, et les garçons, une cote exprimant le risque de faible comportement prosocial 24 % plus élevée.

Lors des analyses de sensibilité, on a vérifié les régressions multidimensionnelles avec et sans plomb dans le sang, avec et sans valeurs aberrantes pour le bisphénol A (au-delà du 99e centile, ou > 22,0 µg/L, n = 26), avec et sans l'âge de l'enfant (qui était fortement corrélé à la créatinine, $r = 0,73$, $p \leq 0,05$), ainsi qu'avec et sans créatinine. Les résultats significatifs pour l'hyperactivité et pour le comportement prosocial ont persisté dans ces modèles. On a vérifié s'il y avait une interaction entre le groupe d'âge (6 à 11 ans et 12 à 17 ans) et la concentration de bisphénol A, mais aucune association significative n'est ressortie. Les associations entre la concentration de bisphénol A et l'hyperactivité étaient similaires lorsque les seuils de comportement à risque étaient établis à partir des

valeurs propres au sexe de Goodman[30], plutôt qu'à partir des normes fondées sur les données. L'échantillon n'était pas de taille suffisante pour examiner le comportement prosocial.

Dans le cas des enfants de 6 à 11 ans, on a examiné des modèles multidimensionnels distincts, afin d'explorer les associations entre les résultats comportementaux et l'âge de la mère au moment de l'accouchement (M = 29 ans, ET = 0,38), le poids à la naissance (M = 3,377 g, ET = 27,12), et l'usage du tabac par la mère pendant la grossesse (n = 241, 16 %). Les modèles ont une fois de plus tenu compte du sexe, de l'ethnicité, du revenu du ménage et du niveau de scolarité du ménage. L'usage du tabac par la mère était associé de façon significative avec les troubles de la conduite ($p \leq 0{,}01$), l'hyperactivité (p = 0,04) et l'ensemble des problèmes comportementaux ($p \leq 0{,}001$). L'âge de la mère comportait une association négative avec les problèmes émotionnels (p = 0,03). Aucune association n'est ressortie entre le poids à la naissance et quelconque résultat comportemental. La concentration de bisphénol A ne comportait pas d'association significative avec quelque résultat que ce soit dans ces analyses (peut-être en raison de la faible taille des échantillons ou des associations plus marquées entre le comportement et les covariables prises en compte), même si les estimations de l'hyperactivité et du comportement prosocial allaient dans le même sens que dans l'analyse complète.

Ce que l'on sait déjà sur le sujet

- Le bisphénol A (BPA) est un produit chimique industriel synthétique couramment utilisé dans les produits de consommation.
- Plus de 90 % des enfants et des jeunes âgés de 6 à 19 ans ont des niveaux détectables de bisphénol A urinaire.
- La recherche a établi un lien entre les concentrations de bisphénol A chez l'enfant et des résultats comportementaux.

Ce qu'apporte l'étude

- Les jeunes enfants, les enfants exposés à la fumée secondaire de tabac chaque jour ou à peu près et les enfants dans les familles ayant les revenus les plus faibles affichaient des concentrations urinaires de bisphénol A plus élevées que les autres enfants.
- Les niveaux de bisphénol A ont été associés à l'hyperactivité chez les filles et à un faible comportement prosocial chez les garçons.

Discussion et limites

Conformément aux recherches antérieures[5,6], la présente étude a trouvé que les concentrations urinaires de bisphénol A différaient selon les caractéristiques démographiques et socioéconomiques, s'avérant les plus élevées chez les jeunes enfants, les enfants exposés à la fumée secondaire, et les enfants provenant des ménages appartenant aux catégories inférieures de revenu.

Les données provenant de l'ECMS révèlent un lien entre les concentrations de bisphénol A et le comportement chez les enfants, à l'instar de conclusions tirées récemment par Harley et coll.[9] et par Hong et coll.[4]. D'autres recherches n'ont pas décelé d'associations significatives entre l'exposition au bisphénol A et le comportement chez l'enfant[14,18], peut-être en raison du faible nombre d'unités dans les échantillons ou de circonstances particulières chez une population donnée (par exemple, un échantillon de personnes hispaniques ayant un faible revenu)[9]. Même dans les études ayant dégagé un lien entre l'exposition au plomb (une neurotoxine communément étudiée) et les résultats comportementaux, les résultats ne sont pas toujours cohérents[36].

Dans la présente étude, la concentration de bisphénol A présentait une association positive avec le faible comportement prosocial chez les garçons et une grande hyperactivité chez les filles, même après prise en compte de variables de contrôle telles que l'exposition à la fumée secondaire et le revenu du ménage. Même si les corrélations étaient relativement faibles, une association même mineure pourrait être pertinente pour la santé publique et justifier d'autres travaux de recherche[13]. Un petit effet au niveau de la population peut se traduire par des nombres importants d'enfants et de jeunes qui sont à risque de difficultés comportementales.

Les sources de bisphénol A ainsi que les voies d'exposition à celui-ci pourront faire l'objet de travaux de recherche à l'avenir. Le bisphénol A est présent dans l'air, sur les surfaces et dans les aliments liquides et solides[38]. Morgan et coll.[39] ont indiqué que la consommation d'aliments solides (comparativement à liquides) représentait un prédicteur important des doses absorbées de bisphénol A chez les enfants par suite de l'alimentation, provenant vraisemblablement des emballages et des contenants. Quant à Cao et coll.[40], ils ont suggéré que l'enduit des boîtes de conserve représente la principale source de bisphénol A dans les aliments.

Les enfants peuvent être particulièrement vulnérables aux effets du bisphénol A à cause de leur cerveau qui se développe, de leur interaction étroite avec leur environnement, de leur faible poids corporel et de leur organisme en voie de maturation[31]. Le bisphénol A peut agir sur le fonctionnement du système endocrinien[41,42] ainsi que les processus structurels et fonctionnels du jeune cerveau[34]. Il peut perturber le système dopaminergique, duquel dépendent l'anxiété, l'hyperactivité et l'inattention[9,43]. Ces mécanismes méritent d'être explorés davantage.

La présente étude comporte un certain nombre de limites. L'utilité d'un seul échantillon d'urine prélevé au même moment que le résultat d'intérêt (données transversales) est limitée pour tirer des conclusions concernant les associations entre l'exposition au bisphénol A et les résultats pour la santé[3]. Par ailleurs, les données de l'ECMS ne permettent pas d'étudier l'exposition précoce au bisphénol A ou celle de longue durée qui se poursuit, ni l'exposition intra-utérine. Des données sur l'usage du tabac par la mère pendant la grossesse n'ont été recueillies pour personne dans la fourchette d'âges visés par l'échan-

tillon. Enfin, même si les données fondées sur les déclarations parentales du comportement des enfants sont couramment utilisées comme marqueurs de risque précoce, il importe d'examiner les données provenant d'autres sources (par exemple, les enseignants).

Mot de la fin

Il s'agit de la première fois que les associations entre les concentrations de bisphénol A chez les enfants et les jeunes au Canada et les résultats sur le plan du comportement font l'objet d'une analyse d'envergure fondée sur la population. L'étude fournit des données probantes sur l'existence d'une association chez l'enfant entre la concentration urinaire de bisphénol A ainsi que la situation socioéconomique et les résultats comportementaux. Même si les données sont transversales, elles portent à croire que les jeunes enfants, les enfants exposés à la fumée secondaire chaque jour ou à peu près et les enfants vivant dans les ménages à faible revenu ont des concentrations urinaires de bisphénol A plus élevées que les autres enfants. En outre, les niveaux de bisphénol A étaient associés à l'hyperactivité chez les filles et à un faible comportent prosocial chez les garçons. D'autres recherches s'imposent pour comprendre les mécanismes par lesquels l'exposition des enfants au bisphénol A au Canada pourrait être liée aux résultats comportementaux. À l'avenir, les études pourraient se pencher sur l'exposition prénatale en parallèle avec les concentrations chez les enfants, sur d'autres indices du bien-être chez les enfants et les jeunes et sur l'exposition à d'autres composés chimiques. ■

Références

1. Centers for Disease Control and Prevention, *CDC National report on Human Exposure to Environmental Chemicals – September 2013*, Atlanta, Georgia, Centers for Disease Control (CDC), 2013.
2. T. Bushnik, D. Haines, P. Levallois *et al.*, « Concentrations de plomb et de bisphénol A pour la population canadienne », *Rapports sur la santé*, 21(3), 2010, p. 7-20.
3. Organisation mondiale de la Santé, *Joint FAO/WHO Expert Meeting to Review Toxicological and Health Aspects of Bisphenol A*. Summary Report including Report of Stakeholder Meeting on Bisphenol A, Organisation mondiale de la Santé et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Ottawa, le 1 à 5 novembre 2010.
4. S.B. Hong, Y.C. Hong, J.W. Kim *et al.*, « Bisphenol A in relation to behavior and learning of school-age children », *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 54(8), 2013, p. 890-899. doi:10.1111/jcpp.12050
5. J.S. Lakind, D.Q. Naiman, « Daily intake of bisphenol A and potential sources of exposure: 2005-2006 National Health and Nutrition Examination Survey », *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 21, 2001, p. 272-279.
6. J.W. Nelson, M.K. Scammell, E.E. Hatch et T.F. Webster, « Social disparities in exposures to bisphenol A and polyfluoroalkyl chemicals: a cross-sectional study within NHANES 2003-2006 », *Environmental Health*, 11(10), 2012, p. 1-15.
7. L. Trasande, T.M. Attina et J. Blustein, « Association between urinary bisphenol A concentration and obesity prevalence in children and ddolescents », *Journal of the American Medical Association*, 308(11), 2012, p. 1113-1121.
8. T.E. Arbuckle, K. Davis, L. Marro *et al.*, « Phthalate and bisphenol A exposure among pregnant women in Canada–Results from the MIREC study », *Environment International*, 68, 2014, p. 55-65.
9. K.G. Harley, R.B. Gunier, K. Kogut *et al.*, « Prenatal and early childhood bisphenol A concentrations and behavior in school-aged children », *Environmental Research*, 126, 2013, p. 43-50. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2013.06.004
10. D.S. Eng, J.M. Lee, G. Achamyeleh *et al.*, « Bisphenol A and chronic disease risk factors in US children », *Pediatrics*, 132 (3), 2013, p. e637-645. doi:10.1542/peds.2013-0106
11. D.K. Li, M. Miao, Z. Zhou *et al.*, « Urine bisphenol-A level in relation to obesity and overweight in school-age children », *PLoS ONE*, 8(6), 2013, p. e65399.
12. J.R. Rochester, « Bisphenol A and human health: A review of the literature », *Reproductive Toxicology*, 42, 2013, p. 132-155.
13. J.M. Braun, K. Yolton, K.N. Dietrich *et al.*, « Prenatal Bisphenol A exposure and early childhood behavior », *Environmental Health Perspectives*, 117(12), 2009, p. 1945-1952. doi:10.1289/ehp.0900979
14. F. Perera, J. Vishnevetsky, J.B. Herbstman *et al.*, « Prenatal bisphenol A exposure and child behavior in an inner-city cohort », *Environmental Health Perspectives*, 120(8),2012, p. 1190-1194. doi:http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1104492
15. S.F. Evans, R.W. Kobrosly, E.S. Barrett *et al.*, « Prenatal bisphenol A exposure and maternally reported behavior in boys and girls », *Neurotoxicology*, 45, 2014, p. 91-99, disponible à l'adresse http://dx.doi.org/10.1016/j.neuro.2014.10.003
16. N.N. Maserejian, F.L. Trachtenberg, R. Hauser *et al.*, « Dental composite restorations and psychosocial function in children », *Pediatrics*, 130, 2012, p. e328-338. doi:10.1542/peds.2011-3374
17. American Dental Association, « Determination of bisphenol A released from resin-based composite dental restoratives », *Journal of the American Dental Association*, 45(7), 2014, p. 763-765.
18. J.M. Braun, A.E. Kalkbrenner, A.M. Calafat *et al.*, « Impact of early-life bisphenol A exposure on behavior and executive function in children », *Pediatrics*, 128, 2011, p. 873-882. doi:10.1542/peds.2011-1335
19. J.M. Braun et R. Hauser, « Bisphenol A and children's health », *Current Opinion in Pediatrics*, 23, 2011, p. 233-239. doi:10.1097/MOP.0b013e3283445675
20. B. Day, R. Langlois, M.S. Tremblay et B.M. Knoppers, « Enquête canadienne sur les measures de la santé : questions éthiques, juridiques et sociales », *Rapports sur la santé*, 18(Suppl), 2007, p. 41-58.
21. Statistique Canada, *Guide de l'utilisateur des données de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) : cycle 1*, disponible à l'adresse http://www23.statcan.gc.ca/imdb-bmdi/document/5071_D2_T1_V1-fra.htm, document consulté le 23 juillet 2014.
22. Santé Canada, *Deuxième rapport sur la biosurveillance humaine des substances chimiques de l'environnement au Canada*. Ottawa, Santé Canada, 2013.
23. S. Cole, H. Chu, L. Nie et E.F. Schisterman, « Estimating the odds ratio when exposure has a limit of detection », *International Journal of Epidemiology*, 38,2009, p. 1674-1680.

24. R.W. Stahlhut, W.V. Welshons et S.H. Swan, « Bisphenol A data in NHANES suggest longer than expected half-life, substantial nonfood exposure, or both », *Environmental Health Perspectives*, 117, 2009, p. 784-789.

25. J.S. Lakind et D.Q. Naiman, « Bisphenol A (BPA) daily intakes in the United States: Estimates from the 2003-2004 NHANES urinary BPA data », *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 18, 2008, p. 608-615.

26. J.K. Goodlad, D.K. Marcus et J.J. Fulton, « Lead and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) symptoms: a meta-analysis », *Clinical Psychology Review*, 33, 2013, p. 417-425.

27. R. Goodman, « The Strengths and Difficulties Questionnaire: A research note », *Journal of Child Psychology*, 38(5), 1997, p. 581-586.

28. R. Goodman, « Psychometric properties of the Strengths and Difficulties Questionnaire », *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 40, 2001, p. 1337-1345.

29. A. Goodman et R. Goodman, « Strengths and Difficulties Questionnaire as a dimensional measure of child mental health », *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 48, 2009, p. 400-403.

30. *Information for Researchers and Professionals about the Strengths and Difficulties Questionnaire*, disponible à l'adresse www. sdqinfo.com. consulté 2013.

31. Y. Oulhote et M.F. Bouchard, « Urinary metabolites of organophosphate and pyrethroid pesticides and behavioral problems in Canadian children », *Environmental Health Perspectives*, 121(11-12), 2013, p. 1378-1384. doi:http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1306667

32. P.K. Smith et C.H. Hart, *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Social Development*, Malden, Massachusetts, John Wiley & Sons, 2011.

33. Statistique Canada, Documentation sur l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS), Ottawa, Statistique Canada, 2012.

34. A. Miodovnik, S.M. Engel, C. Zhu *et al.*, « Endocrine disruptors and childhood social impairment », *NeuroToxicology*, 32, 2011, p. 261-267. doi:10.1016/j.neuro.2010.12.009

35. D. Barr, L. Wilder, S. Caudill *et al.*, « Urinary creatinine concentrations in the US population: implications for urinary biological monitoring measurements », *Environmental Health Perspectives*, 113(2), 2005, p. 192-200.

36. D. Mergler, « Neurotoxic exposures and effects: Gender and sex matter! Hanninen Lecture 2011 », *Neurotoxicology*, 33, 2012, p. 644-651.

37. K.F. Rust et J.N.K. Rao, « Variance estimation for complex surveys using replication techniques », *Statistical Methods in Medical Research*, 5(3), 1996, p. 281-310.

38. N.K. Wilson, J.C. Chuang, M.K. Morgan *et al.*, « An observational study of the potential exposures of preschool children to pentachlorophenol, bisphenol-A, and nonylphenol at home and daycare », *Environmental Research*, 103, 2007, p. 9-20. doi:10.1016/j.envres.2006.04.006

39. M.K. Morgan, P.A. Jones, A.M. Calafat *et al.*, « Assessing the quantitative relationships between preschool children's exposures to bisphenol A by route and urinary miomonitoring », *Environmental Science & Technology*, 45, 2011, p. 5309-5316. doi:dx. doi.org/10.1021/es200537u

40. X.L. Cao, C. Perez-Locas, G. Dufresne *et al.*, « Concentrations of bisphenol A in the composite food samples from the 2008 Canadian total diet study in Quebec City and dietary intake estimates », *Food Additives and Contaminants*, 28(6), 2011, p. 791-798. doi:10.1080/19440049.2010.513015

41. K.M. Crofton, « Thyroid disrupting chemicals: mechanisms and mixtures », *International Journal of Andrology*, 31, 2008, p. 209-223.

42. M. Boas, H. Frederiksen, U. Feldt-Rasmussen *et al.*, « Childhood exposure to phthalates – associations with thyroid function, insulin-like growth factor I (IGF-I) and growth », *Environmental Health Perspectives*, 118(10), 2010, p. 1458-1464.

43. S. Matsuda, D. Matsuzawa, D. Ishii *et al.*, « Effects of perinatal exposure to low dose of bisphehol A on anxiety like behavior and dopamine metabolites in brain », *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 39(2), 2012, p. 273-279.